

УДК 629.113

РАЗРУШЕНИЕ ЗАТОРОВ НА РЕКАХ ИХ ТАЯНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМИТА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ МАЛОЭНЕРГОЁМКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Корепанов З.Н.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Орловский С.Н.

ФГОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»

Заторы на реках вызывают негативные явления, связанные с подтоплением и разрушением населённых пунктов на берегах. Цель работы – разработка способа разрушения заторов без негативных факторов взрывов и средств механизации для его выполнения. Для ликвидации заторов предлагается производить подачу на затор термитного состава в бочках. Бочка с термитом и запальным устройством

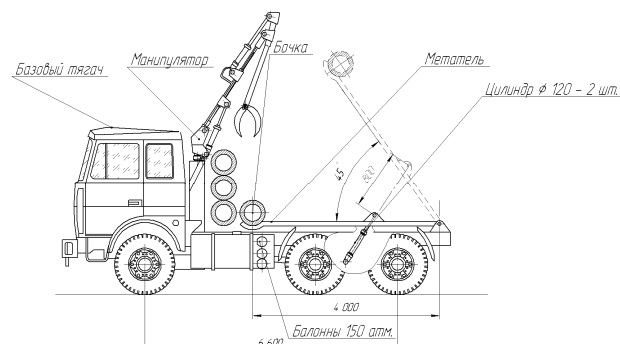


Рисунок 1 - Схема установки для доставки и метания зарядов термита на затор

устанавливается манипулятором на смонтированную на автомобиле катапульту, приводимую в действие сжатым воздухом, и забрасывается на затор. Цикл повторяется до заброса необходимого количества зарядов. Сжатый воздух поступает в баллоны ёмкостью 150 дм³ каждый посредством приводимого в действие от коробки передач компрессора высокого давления (15 МПа), используемого от танка Т-55. От баллонов воздух поступает в пневмоцилиндры, штоки которых присоединены к раме катапульты. Бочки

с зарядами (20 шт.) перевозятся в съёмных контейнерах на том – же автомобиле, дополнительные заряды – на прицепе. При прибытии на место работ контейнеры разгружаются манипулятором, один заряд укладывается им – же в гнездо катапульты, закрытой пневматически управляемым крюком. Через запорный кран в цилиндры подаётся сжатый воздух от баллонов с контролем давления по манометру, что обеспечивает выбранную дальность метания. Заряд зажигается нажатием кнопки запального устройства, крюк открывается электропневмоклапаном, катапульта срабатывает поворотом её рамы на 45° и бочка летит на затор. Наводка по горизонтали производится поворотом машины, по дальности – давлением подаваемого в цилиндры сжатого воздуха.

Расчёт массы термитного заряда производится в следующей последовательности. Зададимся параметрами щели, которую надо расплавить: - длина щели $a = 20$ м; - ширина щели $b = 0,5$ м; - глубина щели $h = 3$ м.

Найдем массу льда, который необходимо расплавить.

Объём льда $V_{\text{л}}$ равен

$$V_{\text{л}} = a \cdot b \cdot h. \quad (1)$$

Для рассматриваемого примера $V_{\text{л}} = 20 \cdot 0,5 \cdot 3 = 30$ м³. Масса расплавляемого льда определяется по выражению

$$m_{\text{л}} = \rho \cdot V_{\text{л}}, \quad (2)$$

где ρ – плотность льда, кг/м³. $m_{\text{л}} = 917 \cdot 30 = 27510$ кг.

Определим количество теплоты, которое необходимо истратить, чтобы нагреть лед от 269^0K до 273^0K и расплавить его. $\Delta T = 273^0 - 269^0 = 4^0\text{K}$.

Количество тепла, $Q_{\text{наг}}$, которое потребуется для нагрева льда до температуры плавления, Дж, определится по выражению

$$Q_{\text{наг.}} = C \cdot m \cdot \Delta T, \quad (3)$$

где C – удельная теплоёмкость льда Дж/кг · К

ΔT – перепад температуры, град.

$$Q_{\text{наг.}} = 210 \cdot 27510 \cdot 4 = 23108400 \text{ Дж.}$$

Количество тепла, $Q_{\text{плав}}$, которое потребуется для плавления льда, Дж, определится по выражению

$$Q_{\text{плав.}} = \lambda \cdot m \quad (4)$$

где λ – удельная теплота плавления льда, Дж/кг

$$Q_{\text{плав.}} = 340 \cdot 10^3 \cdot 27510 = 9353400000 \text{ Дж}$$

Для нагревания и плавления льда в сумме потребуется количество тепла

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{наг.}} + Q_{\text{плав.}}$$

$$Q_{\Sigma} = 23108400 + 9353400000 = 9376508400 \text{ Дж}$$

Тепловые потери составляют 1/3 всей энергии.

Количество тепла для нагревания и плавления заданного объёма льда с учётом тепловых потерь составит

$$Q_{\Sigma \text{ общ}} = Q_{\Sigma} + \frac{1}{3} Q_{\Sigma} = 9376508400 + \frac{1}{3} \cdot 9376508400 = 12502011200 \text{ Дж}$$

Масса термитного заряда для данного количества льда $m_{\text{тер}}$ определяется по выражению

$$m_{\text{тер.}} = (Q + Q_{\text{потерь}})/q, \quad (5)$$

где q - теплота сгорания химического соединения, равная разности между суммой теплот образования продуктов сгорания и теплотой образования сгоревшего химического соединения, $q = 3,864 \cdot 10^6$ Дж/кг.

$$m_{\text{тер.}} = 12502011200 / 3,864 \cdot 10^6 = 3235,51 \text{ кг}$$

Определим массу термитного заряда в одной бочке объёмом 200 дм^3 .

Железо – алюминиевый термит состоит из Fe_2O_3 и Al в пропорциях 75% и 25% соответственно. Следовательно, в бочке будет 50 дм^3 алюминиевой пудры и 150 дм^3 закиси железа. Удельный насыпной вес Fe_2O_3 $2,15 \text{ г/см}^3$, удельный насыпной вес алюминиевой пудры $1,5 \text{ г/см}^3$. Учитывая пропорцию 75 % Fe_2O_3 и 25 % Al , объём заряда, в дм^3 для массы 100 кг определится из расчёта:

$$m_{\Sigma 100} = \frac{m_{\text{Fe}_2\text{O}_3}}{\gamma_{\text{Fe}_2\text{O}_3}} + \frac{m_{\text{Al}}}{\gamma_{\text{Al}}}. \quad (6)$$

$$m_{\Sigma 100} = \frac{75}{2,3} + \frac{25}{1,5} = 32,6 + 16,66 \approx 50 \text{ дм}^3.$$

Отсюда, в ёмкость объёмом 200 дм^3 поместится 400 кг. термита. Итого – метаемая масса заряда составит 425 кг. Количество зарядов является линейной зависимостью, оно определяется по графикам для затора.

Дальность метания заряда под углом к горизонту 45^0 (наибольшая дальность метания) определяется по выражению

$$S = \frac{V_0^2}{g} \cdot \sin 2\alpha \cdot \hat{E}_o, \quad (7)$$

где V_0 – скорость метания, м/с; α – угол метания к горизонту, град.; g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; K_y - коэффициент уменьшения дальности полёта за счёт сопротивления воздуха.

Силу толкания заряда F , Н, найдем по формуле

$$F = \frac{P \sin \alpha}{\frac{L}{l}}, \quad (8)$$

где L - длина дуги разгона, м

$$L = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \alpha}{360^0}, \quad (9)$$

где R – радиус поворота центра тяжести метаемого заряда, м; α – угол поворота рамы катапульты, 45^0 ; m – масса объекта с половиной массы рамы катапульты, 1 – плечо крепления цилиндра к раме метателя, м.

Задаваясь дальностью метания, по выражению (7) определим необходимую скорость разгона V , м/с

$$V = \sqrt{\frac{S \cdot g}{\sin 2\alpha \cdot K_y}}. \quad (10)$$

Принимаем дальность бросания S на 50 м, определим скорость метания для угла $\alpha_0 = 45^0$

$$S = 50 \text{ м} \quad V = \sqrt{\frac{50 \cdot 9,81}{1 \cdot 0,98}} = \sqrt{\frac{490,5}{0,98}} = \sqrt{500} = 22,36 \text{ м/с}$$

Определив длину дуги метания L из выражения (9), по выражению (8) найдём требуемые усилия толкания для дальности метания 50 м.

$$L = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 45^0}{360^0} = 3,14 \text{ м}. \quad F = \frac{800 \cdot 22,36^2}{2 \cdot 3,14} = 63690,39 \text{ Н} \approx 6370 \text{ кг}.$$

Усилия на штоке цилиндра и выбор его диаметра определяются из следующих предпосылок. Цилиндр установлен под углом в начале метания $\alpha_{\text{нач}} = 45^0$, в конце пути под углом $\alpha_{\text{кон}} = 90^0$, в среднем $\alpha_{\text{ср}} = 75^0$. Необходимое усилие на штоке P_{Σ} определится из выражения

$$P_{\Sigma} = \frac{F \cdot \frac{L}{l}}{\sin \alpha_{\text{ср}}}. \quad (11)$$

$$P_{\Sigma} = \frac{6370 \cdot 1 \cdot 4/1}{0,9659} = 26541 \text{ кг}$$

Принимаем конструктивно 2 цилиндра диаметром 120 мм. Усилие на штоке цилиндра определится из выражения

$$P_{\text{ц}} = \pi \cdot r^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (12)$$

где η – КПД цилиндра, 0,9; r – радиус цилиндра, $r = 6$ см; p – давление воздуха, подаваемое в цилиндр, 150 кг/см^2 .

$$P_{\text{ц}} = 3,14 \cdot 6^2 \cdot 150 \cdot 0,9 = 15260,4 \text{ кг}$$

Для двух цилиндров усилие на штоках составит соответственно 30520,8 кг. Для данного усилия дальность метания составит 56,6 м. Зависимость дальности метания от давления в цилиндрах графически представлена на рисунке 2.

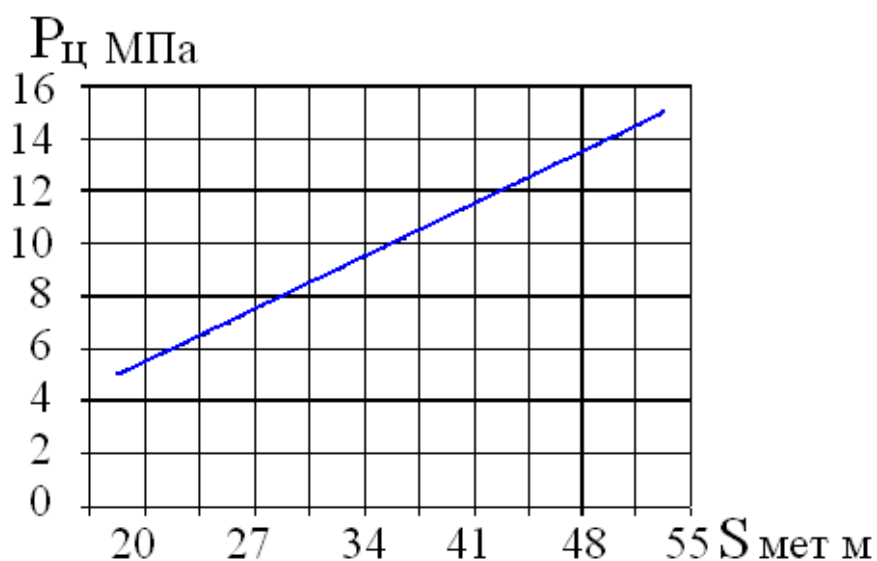


Рисунок 2 – Номограмма расчёта дальности метания термитного заряда от давления в цилиндрах метателя.

В стоимость работ по ликвидации заторов на реках включается разработка съёмной установки на автомобиль КамАЗ 43114. Установка монтируется на автомобиль на период работ, остальное время автомобиль используется по назначению. Цена закиси железа по данным прайс- листов из Интернета составляет 7200 руб./т, алюминиевой пудры 70 руб./кг. На один заряд требуется 150 кг закиси железа и 50 кг алюминиевой пудры, отсюда - себестоимость одного заряда составит $7200/1000 \cdot 150 + 70 \cdot 50 = 4580$ руб. Со стоимостью бочки и запала цена заряда составит 5000 рублей.

Стоимость эксплуатации автомобиля 1712 руб./ч. Стоимость оборудования (метателя и пневматического привода) 234000 рублей. При использовании автомобиля в течение одного месяца по две смены (световой день), затраты на эксплуатацию за 480 часов составят 821760 рублей. Цена зарядов на 5 заторов по 20 шт. (по статистике МЧС) составит 500000 руб. Всего затрат на 1 установку 1 321 760 рублей. Расходы на борьбу с заторами на реках по Красноярскому краю за прошедший год составили более 2,5 млн. рублей, при этом затопления населённых пунктов произошли и на ликвидацию их последствий администрацией было израсходовано дополнительно 19 млн. рублей.

Закключение

Использование предлагаемого метода борьбы с заторами на реках позволит:

- производить работы на реках в зоне населённых пунктов;
- устранил загрязнения окружающей среды продуктами взрывов;
- прекратит негативное воздействие взрывных работ на окружающую среду;

Сократит стоимость работ по ликвидации заторов на реках в 8 – 10 раз.